

PERFORMANCES DES POMPES DE PRÉLÈVEMENT INDIVIDUEL

La pompe de prélèvement constitue un élément essentiel dans la chaîne de mesure de l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. La qualité du résultat final dépend en partie de la qualité de ses performances. Les conditions d'utilisation des pompes peuvent être très variables : supports adsorbants et filtres à différentes pertes de charge, variations de température et d'humidité relative, empoussièrément, temps de prélèvement, etc. Pour autant, le niveau de performance doit rester constant et en conformité avec les exigences métrologiques.

Dans cet article, nous présentons les résultats d'une étude de l'évaluation des performances de différentes pompes de prélèvement dans des conditions extrêmes d'utilisation, correspondant néanmoins à des situations professionnelles réalistes. Sur la base de ces résultats, nous proposons un outil d'aide à la décision qui permet à l'utilisateur de sélectionner le dispositif le mieux adapté à l'environnement de prélèvement en fonction des critères de son choix.

La plupart des méthodes de prélèvement et d'analyse d'agents chimiques font appel à l'utilisation d'une pompe de prélèvement individuel, que ce soit pour prélever des gaz, des vapeurs ou des aérosols. La pompe de prélèvement autonome constitue donc, pour le préleveur en charge de l'évaluation de l'exposition professionnelle, un outil indispensable sur lequel il doit pouvoir compter dans toutes les conditions. Devant la diversité des supports et des conditions de prélèvement qu'il peut être amené à rencontrer, le préleveur dispose d'un éventail assez large de pompes pour réaliser ses interventions. Le compromis est parfois difficile à trouver en raison de différences importantes de conditions opératoires : débit, durée, perte de charge, etc.

Dans la dernière décennie, les systèmes de prélèvement ont bénéficié des progrès technologiques pour gagner en taille, en poids ou en autonomie, voire en ergonomie. Il est donc aujourd'hui plus facile de trouver des systèmes poly-

valents. Le coût de ces pompes reste relativement élevé pour une entreprise ou un laboratoire, l'investissement pour l'achat de plusieurs pompes constitue donc une étape importante qui contribuera déjà à la qualité des résultats qui seront fournis.

Par ailleurs, les exigences réglementaires et normatives en termes de performance et de traçabilité sont un élément supplémentaire non négligeable dans les critères de choix d'un matériel. En effet, l'incertitude globale associée à l'évaluation de l'exposition est constituée en très grande partie par l'incertitude liée à la stratégie du prélèvement [1, 2]. Cependant, la part d'incertitude associée au prélèvement proprement dit ainsi qu'à l'analyse ne doit pas être négligée et le préleveur doit être en mesure de prouver qu'il garde la maîtrise sur cette contribution, aussi faible soit-elle.

Afin d'aider et d'orienter les utilisateurs dans leur choix, nous avons réalisé une étude sur les performances annon-

- Échantillonneur individuel
- Produit chimique
- Performance
- Critère de choix

► Eddy LANGLOIS, Yves MORÈLE,
Francine LHUILLIER,
INRS, département Métrologie des polluants

PERSONAL SAMPLING PUMP PERFORMANCE

The personal sampling pump is an essential component of the measuring chain for assessing occupational exposure to chemical agents. Quality of the final result partly depends on the pump's quality of performance. Pump operating conditions can vary widely: adsorbent media and filters subject to different head losses, temperature and relative humidity variations, dust accumulation, sampling time, etc. Pump performance level must nevertheless remain constant and in compliance with metrological requirements.

This paper presents the results of a performance assessment study of various sampling pumps under extreme operating conditions, which nevertheless correspond to realistic occupational situations. Based on these results, we propose a decision-making aid allowing the user to select the device best suited to the sampling environment in relation to his chosen criteria.

- Personal sampler
- Chemical
- Performance
- Selection criterion

cées de six pompes commercialisées sur le marché français. Lors de ces tests, nous avons vérifié que les spécifications données par les constructeurs étaient respectées et conformes aux exigences normatives en la matière [3, 4].

Les paramètres étudiés concernent le fonctionnement des pompes : la gamme de débits et sa stabilité, la compensation des variations de perte de charge et l'influence des conditions environnementales de prélèvement mais également l'ergonomie, l'encombrement et le bruit. Pour chacun des critères évalués, une note est attribuée à chaque pompe de manière à fournir des indications techniques objectives pour le choix d'un matériel en fonction de conditions particulières.

Enfin, nous proposons un outil d'aide à la décision qui, en fonction des exigences et priorités de l'utilisateur, pondère le score obtenu pour le paramètre concerné et hiérarchise ainsi les performances des pompes.

CHOIX DES PARAMÈTRES MESURÉS

STABILITÉ DU DÉBIT ET COMPENSATION DE LA PERTE DE CHARGE

La valeur du débit sert à calculer le volume prélevé et donc à relier la masse d'agent chimique prélevé à la concentration atmosphérique. Afin de ne pas introduire une source de variabilité dans ce calcul, le débit doit être le plus stable possible au cours du prélèvement. Par ailleurs, la perte de charge que doit supporter une pompe est assez variable en fonction du type de support utilisé, des conditions environnementales - comme l'empoussièrément et l'humidité relative - et du débit de prélèvement. Les performances de la pompe en termes de débit ne doivent pas être affectées par ces variations de perte de charge.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

Les conditions d'utilisation des pompes dépendent des conditions rencontrées sur les lieux de travail. La température est un paramètre extrêmement variable puisqu'en fonction des régions,

des saisons, du moment dans la journée ou des conditions environnementales, elle peut être inférieure à 10°C ou supérieure à 35°C. De plus, la température peut évoluer de manière importante au cours du poste de travail, si le salarié est amené à travailler dans diverses zones où les températures sont très différentes (intérieur/extérieur, proximité d'un four, chambre froide, etc.). Les parties électriques et mécaniques de la pompe doivent donc être en mesure de supporter ces températures extrêmes mais également des variations rapides de température sans modification significative du débit.

L'HUMIDITÉ RELATIVE

De manière similaire à la température, l'humidité relative peut évoluer de manière importante au cours du poste de travail. Il est également très important de tenir compte des cas particuliers où les conditions sont parfois extrêmes comme lors de production de vapeur d'eau. En plus de la variation de la perte de charge induite par le chargement en eau des supports de prélèvement, le fonctionnement de la pompe elle-même peut être altéré si les conditions deviennent trop contraignantes. Des essais ont donc été réalisés à une teneur en humidité relative de 90 %.

CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES ÉVALUÉES

Deux critères d'ergonomie de fonctionnement semblent essentiels pour l'utilisateur : la facilité de mise en marche et la facilité de réglage du débit. En effet, lorsque qu'un préleveur doit réaliser un grand nombre de prélèvements ou s'il doit changer de conditions en cours d'intervention, ces deux fonctions doivent être facilement accessibles et modifiables.

L'autonomie des pompes et leur temps de charge sont également à prendre en compte dans le choix d'une pompe. Celle-ci doit être en mesure de fonctionner de manière optimale pendant toute la période d'exposition qui peut être, dans certains cas, supérieure à huit heures.

Enfin, des critères secondaires ont été évalués tels que le bruit - critère important pour le prélèvement dans des ambiances peu bruyantes -, la taille et le poids.

MÉTHODES DE MESURE ET MATÉRIEL

SÉLECTION DES POMPES

La sélection des six pompes testées a été réalisée sur la base d'un questionnaire ouvert complété par des laboratoires interrégionaux de chimie des CRAM et par certains laboratoires privés ayant participé au module de formation INRS sur le prélèvement et l'analyse. Les principales informations et spécifications pour ces six pompes sont données dans le *Tableau I*.

PRINCIPE GÉNÉRAL DE TEST

Pour chaque test, le paramètre mesuré est le débit d'aspiration de la pompe. Ce débit est mesuré à l'aide d'un débitmètre à lame de savon à détection optique automatisée de marque Gilian raccordé à un débitmètre étalon. Les mesures de débit sont toutes effectuées par série de trois et la valeur retenue est la moyenne de trois mesures. Conformément aux exigences de la norme NF EN 1232 [3], une mesure présentant une variation relative supérieure à 5 % entre le début et le fin du prélèvement est considérée comme non recevable et le prélèvement doit être écarté. Dans les tableaux de résultats qui suivent, la stabilité du débit est représentée par une couleur. Une mesure de débit présentant une variation inférieure à 4 % par rapport au débit initial de référence est représentée par une case verte, une variation supérieure à 5 % par une case rouge, et la zone critique comprise entre 4 et 5 % par une case orange.

STABILITÉ DU DÉBIT

Pour chaque pompe, trois valeurs de débit ont été sélectionnées en fonction des spécifications d'utilisation : les valeurs minimale et maximale de la gamme d'utilisation et une valeur intermédiaire (cf. *Tableau II*). La valeur de

TABLEAU I

Principales caractéristiques des pompes sélectionnées pour la réalisation des tests
Main characteristics of pumps selected for testing

Marque	Gilian	Gilian	MSA	SKC	CASELLA	TSI	TSI
Type	Gilair 3	Gilair 3500	escort	exec	APEX	Side Pack 530	Side Pack 730
Débit mini (l/min)	0.85	0.7	0.5	0.75	0.8	0.5	0.02
Perte de charge maxi (Pouce d'eau*)	30	35	30	40	32	37	50
Débit mini (l/min)	3	3.5	3	3	5	3	3
Perte de charge maxi (Pouce d'eau*)	10	25	10	15	13	0	0
Plage de température (°C)	0-40	0-45	0-45	0-45	5-45	0-45	0-45
Photo							

Le pouce d'eau est l'unité de pression usuellement utilisée pour les mesures des faibles pertes de charge (1 pouce d'eau = 249,08 Pa)

TABLEAU II

Débits et pertes de charge nominaux évalués pour le test de stabilité des débits
Nominal flow rates and head losses for the flow stability test

Pompe	Gilair 3			Gilair 3500			SKC Exec			MSA escort elf			TSI SP 730			TSI SP 530		
Débit faible (l/min)	0.1			1			0,75			0,5			0,1			1		
ΔP associées (Po eau)	0		5	0	10	25	0	10	20	0		10	0		10	0	10	25
Débit moyen (l/min)	1						1			1			0,5					
ΔP associées (Po eau)	0	10					0	10	25	0	10	25	1		10			
Débit fort (l/min)	3			3			3			3			1			3		
ΔP associées (Po eau)	0		5	0	5	10	0	5	10	0		5	0	10	30	0		5

référence est déterminée par trois mesures réalisées 15 minutes après la mise en marche de la pompe, puis la stabilité du débit est vérifiée toutes les heures par trois nouvelles mesures.

Cette opération est ensuite répétée en ajoutant une perte de charge simulante le média de prélèvement, avant la mesure du temps de référence.

COMPENSATION DE LA PERTE DE CHARGE

L'objectif de cette série de tests est d'évaluer la capacité des pompes à compenser rapidement les variations de perte de charge. Ces variations peuvent, par exemple, être induites par un empoussièrement important ou par une prise d'humidité du support. Le débit de référence est mesuré 15 minutes après la mise en route de la pompe. Puis, pour chaque débit étudié, une perte de charge est ajoutée à l'orifice de prélèvement à l'aide d'un dépressiomètre

par paliers successifs de 5 pouces d'eau jusqu'à 25 pouces. Le débit est mesuré cinq minutes après l'ajout de la perte de charge.

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ RELATIVE

Pour simuler le fonctionnement dans des atmosphères à températures extrêmes, les pompes ont été placées dans des enceintes thermostatées : une étuve à 40°C et un réfrigérateur de laboratoire à 4°C. La première série de tests consiste à placer les pompes dans

la même enceinte pendant huit heures, la seconde consiste à placer les pompes dans l'étuve pendant quatre heures puis dans le réfrigérateur pendant quatre heures, de manière à reproduire les variations brutales de température. Les pompes sont sorties des enceintes pour la mesure toutes les deux heures.

En ce qui concerne l'influence de l'humidité, les pompes ont été placées dans l'enceinte d'un banc de génération d'atmosphères capable de réguler le taux d'humidité de l'air. Le fonctionnement de ce banc a été décrit par ailleurs [5].

Dans les deux cas, le débit de référence reste celui mesuré 15 minutes après la mise en route de la pompe et avant d'être disposée dans l'enceinte, c'est-à-dire à température et humidité ambiantes.

RÉSULTATS

GAMME DE DÉBIT

Un certain nombre de méthodes de prélèvement sur support adsorbant préconisent un débit de 0,1 ou 0,2 litre/minute. Les pompes sélectionnées pour ces évaluations ne permettent pas de descendre à des débits aussi faibles sans modification, à l'exception de la pompe TSI 730 qui possède une gamme de travail très étendue. Les autres pompes peuvent être modifiées pour travailler à des débits plus faibles mais il faut distinguer deux principes différents. Le premier est le module dit « à faible débit », adapté sur la pompe Gilian GILAIR 3. Il permet une réduction du débit avec une véritable régulation de ce dernier. Le second système, qui est adaptable sur toutes les autres pompes, est un module de restriction de débit à perte de charge constante. C'est l'ajout d'une perte de charge importante qui réduit le débit mais il n'y a pas de véritable régulation de celui-ci. Si la perte de charge totale du système évolue au cours du prélèvement, le débit peut dériver sans que l'opérateur puisse agir.

STABILITÉ DU DÉBIT SUR HUIT HEURES (cf. Tableau III)

Cinq pompes sur les six évaluées présentent une bonne stabilité de débit sur huit heures sans perte de charge, les variations restent inférieures à 4 %. L'ajout d'une perte de charge peut altérer cette stabilité pour la pompe MSA à faible débit ou la pompe TSI à fort débit. Paradoxalement, la stabilité du débit de la pompe CASELLA s'améliore lors de l'ajout de la perte de charge.

En ce qui concerne la pompe TSI SP 530, le modèle de base est commercialisé avec une batterie de faible capacité. L'augmentation simultanée du débit et de la perte de charge accroît la sollicitation en énergie. Dans ce cas, la capacité de la batterie n'est plus suffisante. Les mêmes manipulations ont été répétées sur cette pompe avec une batterie de plus forte capacité (2,7 Ah), batterie utilisée sur la pompe SP 730 lors des tests, et les résultats obtenus avec cette batterie sont alors conformes.

COMPENSATION DE LA PERTE DE CHARGE (cf. Tableau IV)

Les variations de perte de charge sont relativement bien amorties par les six pompes, aucun écart de débit supérieur à 5 % n'est observé, à l'exception des pompes TSI 530 et 730 pour deux valeurs de débit. Cependant, la mesure suivante retrouve une variation inférieure à 5 %, la compensation pour ces pompes semble être plus longue que pour les autres.

Certains résultats à forte perte de charge pour un débit de 3 litres par minute donnent également des variations de débit supérieures à 5 % mais ces situations sont hors des spécifications du fabricant.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE (cf. Tableau V)

La température est incontestablement le paramètre qui a le plus d'influence sur les performances des pompes. L'utilisation à faible température altère essentiellement les performances de la pompe TSI 530. Pour les autres pompes, il n'y a pas de dérive significative observée. En revanche, l'utilisation des pompes à température élevée impli-

que des variations systématiques du débit par rapport au débit de référence supérieures à 5 %.

Lors de la mesure à deux heures, le débit est inférieur à la mesure de référence de plus de 5 % puis il augmente lors des mesures suivantes (4, 6 et 8 heures). Pour la plupart des pompes, il n'atteint jamais la valeur de référence à 5 % près. Il semble donc que le débit évolue avec le temps car la pompe possède une certaine inertie thermique qui modifie ces caractéristiques. Si la variation est supérieure à 5 %, elle est généralement rapide, cela signifie que lorsque l'opérateur se trouve dans cette situation d'utilisation à température élevée, il sera préférable de choisir le débit après un temps d'équilibrage comme débit de référence initial. Il convient donc plutôt d'équiper le salarié et de prendre la mesure une heure après l'avoir équipé, plutôt que de prendre le débit de référence à température ambiante, 15 minutes après la mise en route de la pompe. Ce cas particulier est parfaitement décrit dans la fiche méthodologique B du recueil MétroPol [6].

En appliquant cette règle aux résultats de ce test, c'est-à-dire en choisissant comme valeur de référence la valeur de débit mesurée après 2 heures, les variations de débit deviennent inférieures à 5 % pour toutes les pompes. Cette règle permet de ne pas écarter le prélèvement mais fournit également à l'opérateur une valeur de débit plus représentative de la valeur moyenne du débit si la pompe reste à température élevée durant tout le prélèvement.

INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE (cf. Tableau VI)






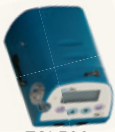
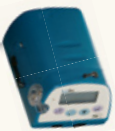
Seules les performances des pompes MSA Escort Elf et CASELLA Apex sont affectées par une teneur en humidité élevée. La pompe TSI 530 s'est arrêtée en cours de test pour les mêmes raisons d'autonomie observées lors du test de stabilité.

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

En complément des tests de performances, les *Tableaux VII et VIII* indiquent les caractéristiques d'ergonomie et d'autonomie énergétique. En ce qui concerne l'archivage des données, les pompes SKC EXEC et TSI offrent la

TABLEAU III

Résultats du test de stabilité du débit
Flow stability test results








Pompe	Débit (l/min)	ΔP (Po eau)	Temps (heures)								Score
			1	2	3	4	5	6	7	8	
 Gilair 3	0,1	0	■	■	■	■	■	■	■	■	5
		5	■	■	■	■	■	■	■	■	
	1	0	■	■	■	■	■	■	■	■	
		10	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3	0	■	■	■	■	■	■	■	■	
		5	■	■	■	■	■	■	■	■	
 Gilair 3500	1	0	■	■	■	■	■	■	■	5	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		25	■	■	■	■	■	■	■		
	3	0	■	■	■	■	■	■	■		
		5	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
 SKC Exec	0,75	0	■	■	■	■	■	■	■	5	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		20	■	■	■	■	■	■	■		
	1	0	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		25	■	■	■	■	■	■	■		
3	0	■	■	■	■	■	■	■			
	5	■	■	■	■	■	■	■			
	10	■	■	■	■	■	■	■			
 MSA escort	0,5	0	■	■	■	■	■	■	■	3	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
	1	0	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
	3	0	■	■	■	■	■	■	■		
		5	■	■	■	■	■	■	■		
 Casella APEX	1	0	■	■	■	■	■	■	■	3	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		20	■	■	■	■	■	■	■		
	3	0	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		20	■	■	■	■	■	■	■		
 TSI 530	1	0	■	■	■	■	■	■	■	2	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		25	■	■	■	■	■	■	■		
	3	0	■	■	■	■	■	■	■		
		5	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
 TSI 730	0,1	0	■	■	■	■	■	■	■	4	
		10	■	■	■	■	■	■	■		
	0,5	0	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
	1	0	■	■	■	■	■	■	■		
		10	■	■	■	■	■	■	■		
		30	■	■	■	■	■	■			

Variation de débit :

■ Inférieure à 4%
■ Entre 4 et 5%
■ Supérieure à 5%
■ Pompe arrêtée

TABLEAU IV


Résultats du test de compensation de la perte de charge
Head loss compensation test results

Pompe	Débit (l/min)	Perte de charge (Po eau)					Score
		5	10	15	20	25	
 Gilair 3	0,1	■	■	■	■	■	4
	0,5	■	■	■	■	■	
	1	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	
 Gilair 3500	1	■	■	■	■	■	5
	3	■	■	■	■	■	
 SKC exec	0,75	■	■	■	■	■	5
	1	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	
 MSA escort	0,5	■	■	■	■	■	4
	1	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	
 Casella APEX	1	■	■	■	■	■	5
	3	■	■	■	■	■	
 TSI 530	1	■	■	■	■	■	3
	2	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	
 TSI 730	0,2	■	■	■	■	■	3
	0,5	■	■	■	■	■	
	1	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	

Variation de débit :
 ■ Inférieure à 4% ■ Entre 4 et 5% ■ Supérieure à 5% ■ Hors spécifications fabricant

TABLEAU V

Résultats du test de l'influence de la température
Temperature test results

Pompe	Débit (l/min)	Température	Temps (heures)				Scores		
			2	4	6	8	bT	hT	vT
 Gilair 3	0,1	basse (bT)	■	■	■	■	5	2	3
		haute (hT)	■	■	■	■			
		variation(vT)	■	■	■	■			
	0,5	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	3	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			

possibilité de stocker les données lors du prélèvement et le téléchargement sur un PC, sur la version de série commercialisée. Cette opération est également possible pour la pompe CASELLA Apex moyennant l'acquisition d'un logiciel payant.

CONSTRUCTION D'UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

Les résultats obtenus pour les différentes pompes sont conformes aux spécifications annoncées par les fabricants et sont, dans leur quasi totalité, conformes aux exigences normatives dans le domaine. Cependant, les résultats sont relativement variables selon les critères et ne permettent pas de classer, dans l'absolu, les performances individuelles. Aussi, il est important de prendre en compte le ou les caractéristiques essentielles pour le préleveur ou le laboratoire qui souhaitent faire l'acquisition de matériel. L'outil, présenté dans cette partie, récapitule les performances obtenues lors des différents tests et permet, en fonction de l'importance accordée à chacun des paramètres, de hiérarchiser les performances globales des pompes testées.

A toutes les considérations techniques abordées dans ce travail, doivent impérativement être ajoutés le prix à l'achat, la durée de la garantie et le coût de la maintenance des pompes. La cotation de ces paramètres n'est volontairement pas renseignée dans l'outil proposé, car elle est variable dans le temps et peut dépendre d'opérations commerciales spécifiques proposées par les fournisseurs.

L'outil de calcul se présente sous la forme d'une feuille de calcul (cf. Figure 1) disponible sur le site de l'INRS (www.inrs.fr) et de la revue HST (www.hst.fr).

TABLEAU V (SUITE)

Résultats du test de l'influence de la température
Temperature test results








Pompe	Débit (l/min)	Température	Temps (heures)				Scores		
			2	4	6	8	bT	hT	vT
 Gilair 3500	0,1	basse	■	■	■	■	4	3	5
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	0,5	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
 SKC Exec	0,7	basse	■	■	■	■	5	1	4
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
3	basse	■	■	■	■				
	haute	■	■	■	■				
	variation	■	■	■	■				
 MSA escort	0,5	basse	■	■	■	■	5	3	3
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
3	basse	■	■	■	■				
	haute	■	■	■	■				
	variation	■	■	■	■				
 CASELLA Apex	0,5	basse	■	■	■	■	5	3	2
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
 TSI 530	0,5	basse	■	■	■	■	2	1	3
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
 TSI 730	0,5	basse	■	■	■	■	5	4	5
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
	1	basse	■	■	■	■			
		haute	■	■	■	■			
		variation	■	■	■	■			
3	basse	■	■	■	■				
	haute	■	■	■	■				
	variation	■	■	■	■				

Variation de débit :

■ Inférieure à 4% ■ Entre 4 et 5% ■ Supérieure à 5% ■ Arr. Pompe arrêtée

TABLEAU VI

Résultats du test d'influence de l'humidité relative
Relative humidity test results

Pompe	Débit (l/min)	Temps (heures)				Score
		2	4	6	8	
 Gillair 3	0,1	■	■	■	■	5
	0,5	■	■	■	■	
	1	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	
 Gillair 3500	1	■	■	■	■	5
	3	■	■	■	■	
 SKC	0,75	■	■	■	■	5
	1	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	
 MSA	0,5	■	■	■	■	3
	1	■	■	■	■	
 Casella	1	■	■	■	■	2
 TSI 530	0,5	■	■	■	■	3
	1	■	■	Ar	Ar	
 TSI 730	0,5	■	■	■	■	5
	1	■	■	■	■	
	2	■	■	■	■	

Variation de débit :

- Inférieure à 4%
- Entre 4 et 5%
- Supérieure à 5%
- Ar Pompe arrêtée

TABLEAU VII

Caractéristiques ergonomiques des pompes
Pump ergonomic characteristics

Pompe	Démarrage			Réglage du débit		
	Par interrupteur	Par touche directe	Par touche plusieurs manipulations	Par potentiomètre	Par touche accès direct	Par touche accès par menu
 Gillair 3	■			■		
 Gillair 3500		■				■
 SKC exec		■			■	
 MSA escort elf		■			■	
 Casella APEX			■		■	
 TSI 530			■			■
 TSI 730			■			■

TABLEAU VIII

Caractéristiques sur l'autonomie des pompes
Pump autonomy characteristics

Pompe	Type de batterie	Capacité Ah	Temps de charge	Effet mémoire
Gilair 3 	CdNi	1,8	16h	OUI
Gilair 3500 	NiMh	1,8	4h	NON
SKC exec 	CdNi	2	16h	OUI
MSA escort elf 	CdNi	1,8	16h	OUI
Casella APEX 	NiMh	1,7	4 h	NON
TSI 530 	NiMh	1,65	4h	NON
TSI 7230 	NiMh	2,7	6h	NON

POINTS À RETENIR

- Les performances techniques des pompes sont conformes aux spécifications du constructeur et aux exigences normatives.
- L'utilisation prolongée à température élevée a pour conséquence une variation du débit dont il faut tenir compte au moment de la détermination du débit de référence.
- Toutes les pompes ne permettent pas de travailler à faible débit réglable (de 0,1 à 1 l/minute)
- L'autonomie électrique des configurations commerciales de base n'est pas toujours conforme avec les conditions sévères d'utilisation (fort débit, forte perte de charge en longue durée). L'utilisation de batteries plus performantes mais optionnelles est alors conseillée.
- L'outil informatisé d'aide à la sélection est disponible en ligne sur le site de l'INRS : www.inrs.fr/metropol

FIGURE 1

Outil de calcul - Récapitulatif des performances obtenues
Performance calculation tool

	Pondération	Score de performances						
		Gilair 3	Gilair 3500	SKC exec	MSA escort elf	Casella APEX	TSI 530	TSI 720
Utilisation à bas débit (0,1 à 1 l/minutes)	●	5	3	● 3	3	3	3	5
Facilité de mise en route	●	5	4	● 4	4	4	3	3
Facilité de réglage du débit	●	5	3	● 4	4	3	3	3
Stabilité du débit	●	5	5	● 5	3	2	2	4
Compensation de la perte de charge	●	4	5	● 5	4	5	3	3
Stabilité à température faible	●	5	4	● 5	5	5	2	5
Stabilité à température élevée	●	2	3	● 1	3	3	1	4
Stabilité aux variations de température	●	3	5	● 4	3	2	3	5
Stabilité à forte humidité	●	5	5	● 5	3	2	3	5
Temps de charge	●	3	5	● 3	3	5	3	4
Stockage de données	●	1	1	● 5	1	3	5	5
Légèreté	●							
Bruit	●	4	3	● 2	3	3	2	2
Prix à l'achat								
Coût de la maintenance								
SCORE TOTAL		0	0	● 0	0	0	0	0

Le score total de chaque pompe est calculé en multipliant le score de performance sur un critère par la pondération du critère déterminée par l'utilisateur. Lorsque l'utilisateur a renseigné toutes ses pondérations, l'outil calcule les scores totaux pour toutes les pompes.

Pondération :

- 0 Paramètre sans importance
- 1 Paramètre faiblement important - optionnel
- 2 Paramètre important
- 3 Paramètre déterminant, critique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] GRZEBYK M., SANDINO J.-P. – Aspects statistiques et rôle de l'incertitude de mesurage dans l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. *Hygiène et sécurité au travail*. 2005; 200: 9-22.

[2] SYMANSKI E., KUPPER L.L., KROMHOUT H., RAPPAPORT S.M. – An Investigation of Systematic Changes in Occupational Exposure. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1996; 57 (8): 724 - 34.

[3] NF EN 1232 – Air des lieux de travail : Pompes pour l'échantillonnage individuel des agents chimiques. *Norme AFNOR*. Avril 1997.

[4] NF EN 482 – Atmosphères des lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des modes opératoires de mesurage des agents chimiques. *AFNOR*, novembre 2006.

[5] OURY B., PROTOIS J., LHUILLIER F., MORELE Y. – Behaviour of the GABIE, 3M, PERKIN ELMER Tenax TA and Radiello 145 diffusive sampler exposed over a long period to a low concentration of VOC. *Journal of Environmental Monitoring*. 2006; in press.

[6] MétroPol – Fiche méthodologique B : Vérification du débit des pompes de prélèvement individuel. Volume d'air échantillonné. <http://www.inrs.fr/metropol>. 1999.